

①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

①⑫ **Offenlegungsschrift**  
①⑩ **DE 198 24 128 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**F 16 C 33/24**  
F 04 D 29/04

②① Aktenzeichen: 198 24 128.3  
②② Anmeldetag: 29. 5. 98  
④③ Offenlegungstag: 2. 12. 99

DE 198 24 128 A 1

⑦① Anmelder:  
KSB AG, 67227 Frankenthal, DE

⑦② Erfinder:  
Schäfer, Horst, 27404 Rhade, DE; Diederich, Ralf,  
67259 Beindersheim, DE; Usbeck, Anna, 67549  
Worms, DE

⑤⑤ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

DE	39 06 889 C2
DE-PS	1 45 109
DE	195 19 468 A1
DE	36 02 132 A1
DE	31 43 384 A1
DE	31 13 004 A1
DE	31 03 868 A1
DE	78 36 469 U1
FR	21 62 824
US	36 75 980
EP	04 92 605 A1
WO	94 12 800 A1

JP Patents Abstracts of Japan:  
1-220717 A., M- 900, Nov. 30, 1989, Vol. 13, No. 538;  
2- 76927 A., M- 982, June 8, 1990, Vol. 14, No. 266;  
6-147228 A., M-1666, Aug. 31, 1994, Vol. 18, No. 469;

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤④ Radiallager in Gleitlagerbauart

⑤⑦ Die Erfindung betrifft eine Radiallagerung, bei der durch eine elastisch nachgiebige Formgebung einer Lagerhülse, auf der ein elastisch nachgiebig ausgebildetes und ein, eine überwiegend matrixartig ausgebildete Faserstruktur aufweisendes Lagerelement angeordnet ist, eine Möglichkeit zur Verwendung bei Lagerproblemen gegeben ist, bei denen während des Betriebes mit einem Winkelpersatz zu rechnen ist.

DE 198 24 128 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Radiallager in Gleitlagerbauart, insbesondere zur Verwendung in Kreislaspumpen, mit einem auf einem rotierenden Wellenteil angeordneten, drehmomentübertragend gestalteten Lagerhülse, die Lagerhülse innerhalb einer Lagerbuchse rotierend angeordnet ist, und zwischen den aufeinander gleitenden Teilen ein Spalt für ein Schmiermedium geringer Viskosität befindlich ist.

Bei Kreislaspumpen sind verschiedene Ausführungsformen von Wellenlagerungen bekannt, wobei in Abhängigkeit vom Fördermedium verschiedene Lagermaterialien Verwendung finden. Keramische Lagermaterialien haben sich als besonders vorteilhaft bei Lagern erwiesen, die mit einem Fördermedium geringer Viskosität, beispielsweise mit Wasser oder Alkohol, geschmiert werden. Nachteilig bei derartigen Keramiklagern ist deren Empfindlichkeit gegen Überhitzungen durch Mangelschmierung und stoßartige Belastungen. Eine solche existiert im Mischreibungsgebiet, wenn beispielsweise durch zu hohe Radiallasten die Gleitflächen einander berühren. Durch einen zu hohen lokalen Eintrag von Reibungswärme in die keramischen Oberflächen können sich dabei innerhalb der Keramik Wärmespannungsrisse bilden. Dadurch besteht die Gefahr einer lokalen starken Materialüberlastung, wodurch als Folge an dem Keramikteil Risse oder Ausplatzungen entstehen und mit Folgeschäden zu rechnen ist.

Eine zusätzliche Belastung wirkt auf eine solche, aus einer stillstehenden Lagerbuchse und einer rotierenden Lagerhülse bestehenden Lagerung, wenn zwischen diesen Teilen ein Winkelversatz auftritt. Beispielsweise durch die DE-A-15 28 640 ist es bei solchen Lagerungen bekannt, die Lagerbuchse gegenüber einem Gehäuse mittels O-Ringen elastisch anzuordnen, um eine leichte Beweglichkeit zu erreichen.

Bei großen mehrstufigen Pumpen oder langen Wellen mit dazwischen angeordneten Lagern, beispielsweise bei großen Speisepumpen, bei Bohrlochwellenpumpen oder bei fliegenden Lagerungen mit einseitigem Wellenüberhang, treten aufgrund der im Betrieb vorherrschenden Kräfte Schrägstellungen oder Durchbiegungen der Welle auf. Als Folge davon nimmt die mit der Welle rotierende Lagerhülse ebenfalls eine Schrägstellung ein. Eine daraus resultierende einseitige Lagerbelastung stellt eine weitere Gefährdung für gegen Schlag- oder Stoßbelastungen empfindliche keramische Lager dar.

Der Erfindung liegt daher das Problem zugrunde, eine bruchempfindliche Materialien verwendende Wellenlagerung zu entwickeln, die einen in der Lagerung auftretenden Winkelversatz zuläßt.

Die Lösung dieses Problems sieht vor, daß die Lagerhülse aus einem Tragelement und einem darauf befestigten Lager-element besteht, daß eine überwiegend matrixartig angeordnete Faserstruktur mit darin angeordneten Keramikteilen oder Kohlenstoffteilen das Lagerelement bildet, daß eine Keramik- oder Kohlenstoff-Matrix die Faserstruktur bildet, daß das Tragelement im Anlagebereich des Lagerelementes mit unterschiedlichen Wandstärken versehen ist und daß das Tragelement gleich oder länger als das Lagerelement ausgebildet ist.

Im Längsschnitt betrachtet weist das Tragelement einen Wandstärkenverlauf auf, der im mittleren Bereich ein Maximum hat und davon ausgehend zu beiden Seiten hin abnehmend gestaltet ist. Auf das Tragelement ist das eine überwiegend matrixartige Faserstruktur aufweisende keramische oder kohlenstoffliche Lagerelement mit einem Schrumpf- oder Preßsitz aufgepreßt. Die Abmessungen und Toleranzen der einzelnen Teile sind so gewählt, daß bei

Temperatureinwirkungen das Lagerelement fest mit dem Tragelement verbunden bleibt. Die Kombination eines solchen Lagerelementes mit einem eine Elastizität aufweisenden Tragelement ergibt den Vorteil, daß beim Auftreten eines Winkelversatz beide Teile elastisch nachgiebig reagieren und somit eine Bruchgefahr am Lagerelement verhindert wird. Die überwiegend matrixartig angeordnete Faserstruktur, die als Keramik- oder Kohlenstoffmatrix ausgebildet ist, in welche Keramik- oder Kohlenstoffteile eingebettet sind, weist im Gegensatz zu einem monolithischen Bauteil eine Nachgiebigkeit gegenüber Biegebelastungen auf. Je nach gewünschter Lagerpaarung können dabei in einer Kohlenstoffmatrix sowohl Keramik- als auch Kohlenstoffteile angeordnet werden. Gleiches gilt auch für eine Keramikmatrix.

Somit kann an solchen, an sich bruchempfindlichen und als Sinterteile erstellten Lagerelementen, eine bei Biegebelastungen auftretenden Zugspannungen beständigere Eigenschaft erzeugt werden. Die bei einer Biegebelastung in einem Hülsenquerschnitt eines solchen Lagerelementes auftretenden, bruchgefährdenden Zugspannungen werden durch die matrixartig angeordneten Fasern gegenüber einem reinen Sintermaterial um den Faktor 10 verbessert. Damit lassen sich Winkelabweichungen der Lagerung kompensieren.

Ist das Lagerelement durch eine Schrumpfverbindung mit dem Tragelement verbunden, so bewirken die Schrumpfkkräfte des Lagerelementes die Ausbildung einer leicht balligen Form im gefügten Zustand. Da das Tragelement nach einer Ausgestaltung der Erfindung in demjenigen Bereich, in dem sich die Enden des Lagerelementes befinden, eine wesentlich dünnere Wandstärke aufweist als in seinem mittleren Bereich, bewirken die Schrumpfkkräfte im Bereich der dünneren Wandstärken eine Durchmesserreduzierung. Eine aufgeschrumpfte Lagerbuchse mit ihrem überwiegend matrixartig aufgebauten Faserverbund, beispielsweise aus Siliziumkarbidfasern oder Kohlenstofffasern, verfügt damit über eine leicht ballig ausgebildete Oberfläche, welche den Ausgleich von Winkelabweichungen einer damit ausgerüsteten Wellenlagerung unterstützt. Die Kombination des mit einer matrixartigen Faserstruktur ausgestatteten Lagerelementes mit dem Tragelement, dessen Formgebung zu einer Federkennlinie um die radiale Achse führt, gewährleistet eine Winkelfehler ausgleichende Elastizität. Bei aufgepreßten Lagerelementen gewährleistet nur die elastische Nachgiebigkeit den Ausgleich von Winkelabweichungen.

Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben. Das Merkmal, wonach die Stirnseiten des Tragelementes über die Stirnseiten des Lagerelementes hinausragen, reduziert das Auftreten von Spannungsspitzen und erlaubt eine positive Beeinflussung der Federkennlinie. Aufgrund der Anordnung eines Freiraumes zwischen der Welle und dem Tragelement im Bereich einer oder beider Stirnseiten des Lagerelementes wird ein Platz für den elastischen Ausgleich von Winkelfehlern geschaffen.

Den rotierenden Teil des Radiallagers, die Lagerhülse, bilden das Tragelement und das darauf befestigte Lagerelement. In einem mittleren Bereich des Lagerelementes ist das Tragelement mit einem Wandstärkenmaximum versehen, wobei die Abmessungen so gewählt sind, daß damit eine sichere Kräfteübertragung gewährleistet ist. Weiterhin dient der Bereich des Wandstärkenmaximum zur Aufnahme von Drehbewegungen übertragenden Mitteln zwischen Welle und Tragelement. Im Bereich von den Stirnseiten des Lagerelementes sind am Tragelement Wandstärkenminima vorgesehen. Sie unterstützen die Federwirkung des Tragelementes sowie die Ausbildung einer balligen Formgebung der Lager-

fläche.

Im Bereich der Stirnseiten des Tragelementes kann mindestens ein dickwandiger, an die Welle herangeführter Endabschnitt vorgesehen sein, wobei dieser Endabschnitt mit Abstand zur Stirnseite des Lagerelementes angeordnet ist. Dazwischen ist die Wand des Tragelementes als ein elastisch nachgiebiger, dünnwandiger Abschnitt ausgebildet. Der im Bereich der Stirnseite des Tragelementes angeordnete dickwandige Endabschnitt kann auch drehmomentübertragende oder kräfteübertragende Ausgestaltungen aufweisen. Zur Anlage des Lagerelementes kann das Tragelement über eine stirnseitige Anlagefläche verfügen.

Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden im folgenden näher beschrieben. Es zeigen die

Fig. 1-3 verschiedene Ausführungsformen des Tragelementes, die

Fig. 4 die Anordnung eines solchen Tragelementes in einem Lager ohne Winkelversatz, die

Fig. 5 u. 6 die Anordnung eines Tragelementes beim Auftreten eines Winkelversatzes sowie ein zugehöriges Tragbild und die

Fig. 7 u. 8 bei einer konventional ausgebildeten Lagerung analoge Darstellungen zu den Fig. 5 und 6.

Die Fig. 1 zeigt im Längsschnitt ein Tragelement 1, welches metallischer oder nichtmetallischer Art sein kann, das im mittleren Bereich als Abschnitt 2 mit maximaler Wandstärke ausgebildet ist. Dieser Abschnitt 2 ist zur Übertragung von Drehmomenten ausgebildet und verwendet dafür bekannte Mittel 3, beispielsweise Nut-/Federverbindungen. Vom mittleren Abschnitt 2 aus wird die Wandstärke des Tragelementes 1 zu den Stirnseiten 4, 5 hin zunehmend dünner. Ein solcher Wandstärkenverlauf weist einen Verlauf ohne scharfkantige Übergänge auf. Auf dem Außendurchmesser des Tragelementes 1 ist ein Lagerelement 6 befestigt, welches aus einer überwiegend matrixartig angeordneten Faserstruktur besteht, wobei eine Keramik- oder Kohlenstoffmatrix die Faserstruktur bildet. In die Matrix eingebettet sind Keramik- oder Kohlenstoffteile. Die axiale Länge des Lagerelementes 6 ist gleich oder kürzer als die axiale Länge des Tragelementes 1 ausgebildet. Die Stirnseiten 7, 8 des Lagerelementes 6 sind gegenüber den Stirnseiten 4, 5 des Tragelementes 1 zurückversetzt angeordnet. Eine solche Maßnahme verhindert im Übergang zwischen diesen beiden Teilen das Auftreten von Spannungsspitzen.

Der mittlere Abschnitt 2 des Tragelementes 1 stellt eine stegartige Verbindung zur Welle her. Ausgehend von dem Abschnitt 2 ist die Wandstärke des Tragelementes 1 zu den Stirnseiten 4, 5 hin abnehmend gestaltet. Ein solche Form, die einen Freiraum zwischen einer Oberfläche 9 einer Welle und dem Tragelement 1 herstellt, kann in einfacher Weise, beispielsweise durch spanabhebende Bearbeitung, erzeugt werden.

In den Fig. 2 und 3 sind andere Ausführungsformen gezeigt, die ebenfalls elastische Eigenschaften einer so gebildeten Lagerhülse gewährleisten. Sie können bei größeren aufzunehmenden Radialkräften Verwendung finden. Die axiale Länge des Tragelementes 1 ist gegenüber der Ausführungsform von Fig. 1 vergrößert. Der Bereich der Stirnseiten 4, 5 des Tragelementes 1 wurde dabei so ausgebildet, daß eine Annäherung an die Oberfläche 9 einer nicht dargestellten Welle erfolgt.

Der Wellenoberfläche 9 gegenüberliegende Flächen 10, 11 der Stirnseiten 4, 5 des Tragelementes 1 sind in Fig. 2 unter Bildung eines Spaltes angeordnet. Damit besteht die Möglichkeit, eine unter dem Einfluß von Radialkräften erfolgende Durchbiegung des Tragelementes 1 durch das gezeigte Spiel zwischen den Flächen 10, 11 und der Oberflä-

che 9 zu beeinflussen. Durch geeignete Auswahl der Abmaße für eine zwischen diesen Teilen vorzusehende Spielpassung, ist in einfacher Weise eine Begrenzung der Durchbiegung möglich. Ein dünnwandiger Abschnitt 12, 13 des Tragelementes 1, der zwischen den Stirnseiten 7, 8 des Lagerelementes 6 und den Stirnseiten 4, 5 des Tragelementes 1 angeordnet ist, gewährleistet die Federungseigenschaften einer so gebildeten Lagerhülse eines Radiallagers. Mittels einer solchen Maßnahme ist die Ausbildung einer progressiven Federkennlinie möglich.

In der Darstellung von Fig. 2 ist auf der rechten Seite im Bereich der Stirnseite 4 ein anderer Verlauf des mit einer Fläche 11 der Wellenoberfläche 9 gegenüberliegenden Endes des Tragelementes 1 gezeichnet. Der Übergang 13 ist hier kegelförmig gezeichnet, es sind aber auch andere Übergänge in Form von Bögen o. dgl. möglich. Eine solche Gestaltung ist vorteilhaft bei einer Montage eines solchen Lagers und erlaubt ein leichteres Einführen. In der Darstellung der Fig. 2 ist linksseitig die Stirnseite 5 so ausgebildet, daß das Tragelement über die für eine Drehmomentübertragung notwendigen Mittel 3 geschoben werden kann.

Die Abwandlung der Fig. 3 sieht drehmomentübertragende Mittel 3 nur im Bereich der Stirnseite 5 des Tragelementes 1 vor. Zur Übertragung der auf das Lagerelement 6 einwirkenden Lagerkräfte liegt das Tragelement 1 im Bereich 2 und mit den Flächen 10, 11 auf der Oberfläche 9 einer Welle auf. Wesentlich ist hierbei, daß zwischen den die Länge des Lagerelementes 6 begrenzenden Stirnseiten 7, 8 und den Flächen 10, 11 des Tragelementes 1 ein dünnwandiger Abschnitt 12, 13 existiert. Ein solcher Abschnitt, wie er auch in Fig. 2 erkennbar ist, gewährleistet die Nachgiebigkeit einer solchen Einheit.

Die Ausführungsformen der Fig. 1 bis 3 zeigen zwar eine identische Länge des Lagerelementes 6; die Erfindung ist darauf aber nicht beschränkt. Deren Vorteile können auch durch andere Baulängen des Lagerelementes 6 erreicht werden.

In der Fig. 4 ist eine montierte Lagerausführung unter beispielhafter Verwendung des Bauteiles von Fig. 1 gezeigt. Auf einer Welle 14 ist ein Tragelement 1 aufgrund der Mittel 3 drehmomentübertragend angeordnet. Ein auf dem Tragelement 1 aufgeschrumpftes Lagerelement 6 wirkt mit einer Lagerbuchse 15 zusammen. Es ist gezeigt, wie die stirnseitigen, dünnwandigen Enden des Tragelementes 1 unter dem Einfluß der Schrumpfkkräfte eine ballige Form erhalten und zur Welle 14 hin verlaufen. Weiterhin wird in Verbindung mit dem in Richtung Stirnseite dünner werdenden Wandstärkenverlauf eine elastische Nachgiebigkeit ermöglicht und damit die Voraussetzung für eine Kompensation eines Winkelversatzes der Welle 14 gegenüber der Lagerbuchse 15 gewährleistet.

Die Fig. 5 und 6 zeigen ein Radiallager gemäß der Erfindung und beim Ausgleich von Winkelabweichungen. In Fig. 5 ist eine gegenüber einer stillstehenden Lagerbuchse 15 um den Winkel  $\beta$  schräggestellte, aus Tragelement 1 und Lagerelement 6 bestehende Lagerhülse gezeigt, die mit einer Welle 14 rotiert. Die zugehörige perspektivische Darstellung der Fig. 6, eine Draufsicht auf eine unter Krafteinwirkung verformte Lagerhülse, zeigt eine große Kontaktfläche 16. Diese ist zwischen der Lagerbuchse 15 und dem Lagerelement 6 ausgebildet. Infolge der unter Belastung sich ausbildenden balligen Form des Lagerelementes 6, führt die Verformung bei leichter Schrägstellung zu einer Anpassung der aneinanderliegenden Gleitflächen. Durch die Vergrößerung der Lagerfläche 16 wird, bei gleicher Radialkraft, eine auf das Lagerelement 6 einwirkende lokale Flächenpressung in erheblichem Maße reduziert. Infolgedessen ist ein solchermaßen gestaltetes Radiallager wesentlich unempfindli-

cher gegen stoßartige oder schlagende sowie reibende Belastungen, als ein aus starren Elementen bestehendes Lager.

Die Fig. 7 und 8 zeigen analog der Darstellung zu Fig. 5 und 6 eine Lagerung nach dem Stand der Technik. Bei einem Winkerversatz  $\beta$  einer monolithischen keramischen Lagerhülse 18 ergibt sich bei einer Schrägstellung nur die in Fig. 8 gezeigte sehr schmale Lagerfläche 17. Im Vergleich zu einer ganzflächigen Anlage der Flächen bei einem Betrieb ohne Schrägstellung, bewirkt eine Schrägstellung eine erhebliche Reduzierung der üblicherweise vorhandenen Lagerfläche. Die auf das Lager einwirkende Radialkraft wird also auf eine wesentlich kleinere Fläche verteilt. Folglich übersteigt die auf das Lagerelement einwirkende Flächenpressung und/oder die lokale Reibleistung die zulässigen Werte. Die für solche Lagerungen bisher verwendeten monolithischen Lagerhülsen in Form keramischer Werkstoffe, die wegen ihrer Bruchempfindlichkeit weder aufgeschumpft, noch anderweitig unter Zugspannung gesetzt werden dürfen, sind in einem solchen Betriebszustand überlastet. Damit ist ihr Einsatzzweck erheblich eingeschränkt.

#### Patentansprüche

1. Radiallager in Gleitlagerbauart, insbesondere zur Verwendung in Kreislumpen, mit einem auf einem Wellenteil angeordneten, drehmomentübertragend gestalteten Lagerhülse, die Lagerhülse innerhalb einer Lagerbuchse rotierend angeordnet ist, und zwischen den aufeinander gleitenden Teilen ein Spalt für ein Schmiermedium geringer Viskosität befindlich ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Lagerhülse aus einem Tragelement (1) und einem darauf befestigten Lagerelement (6) besteht, daß eine überwiegend matrixartig angeordnete Faserstruktur mit darin angeordneten Keramik- oder Kohlenstoffteilen das Lagerelement (6) bildet, daß eine Keramik- oder Kohlenstoff-Matrix die Faserstruktur bildet, daß das Tragelement (1) im Bereich der Anlage des Lagerelementes (6) unterschiedliche Wandstärken aufweist, und daß das Tragelement (1) gleich oder länger als das Lagerelement (6) ausgebildet ist.
2. Radiallager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Stirnseiten (4, 5) des Tragelementes (1) über die Stirnseiten (7, 8) des Lagerelementes (6) hinausragen.
3. Radiallager nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß im Bereich der Stirnseiten (7, 8) des Lagerelementes (6) zwischen dem Tragelement (1) und einer Wellenoberfläche (9) ein oder mehrere Freiräume angeordnet sind.
4. Radiallager nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß von einem Wandstärkenmaximum im mittleren Bereich (2) des Tragelementes (1) die Wandstärke in Richtung zu den Stirnseiten (7, 8) des Lagerelementes (6) abnehmend ausgebildet ist.
5. Radiallager nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß in einem mittleren Bereich des Lagerelementes (6) das Tragelement (1) in einem Bereich (2) mit einem Wandstärkenmaximum versehen ist.
6. Radiallager nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß im Bereich (2) kräfteübertragende Mittel (3) angeordnet sind.
7. Radiallager nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß im Bereich der Stirnseiten (7, 8) des Lagerelementes (6) das Tragelement (1) mit Wandstärkenminima versehen ist.
8. Radiallager nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Tragele-

ment (1) zwischen mindestens einem dickwandig ausgebildeten Endabschnitt im Bereich seiner Stirnseiten (5, 6) und einer Stirnseite (7, 8) des Lagerelementes (6) einen dünnwandigen Abschnitt (12, 13) aufweist.

9. Radiallager nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Lagerelement (6) an einer Axialfläche des Tragelementes (1) anliegt.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

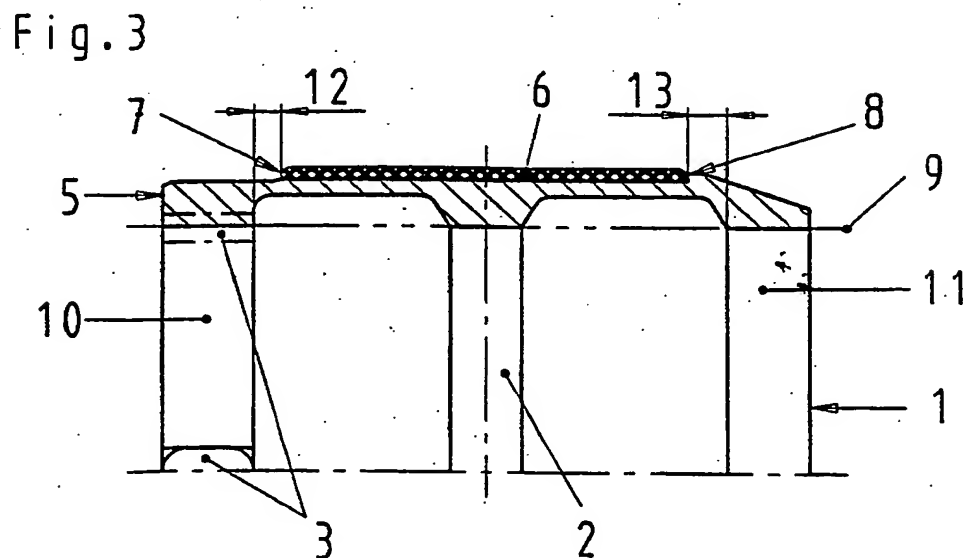
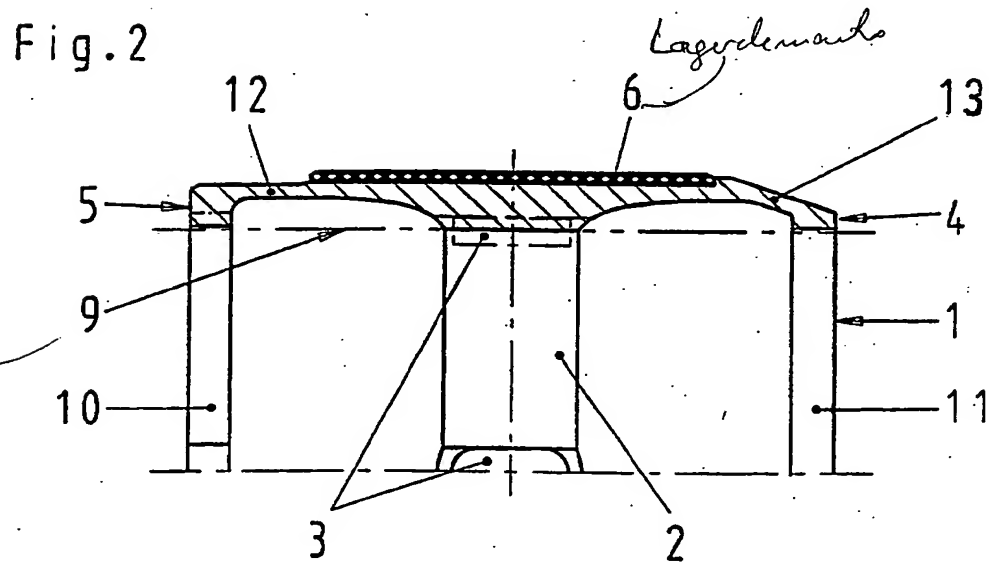
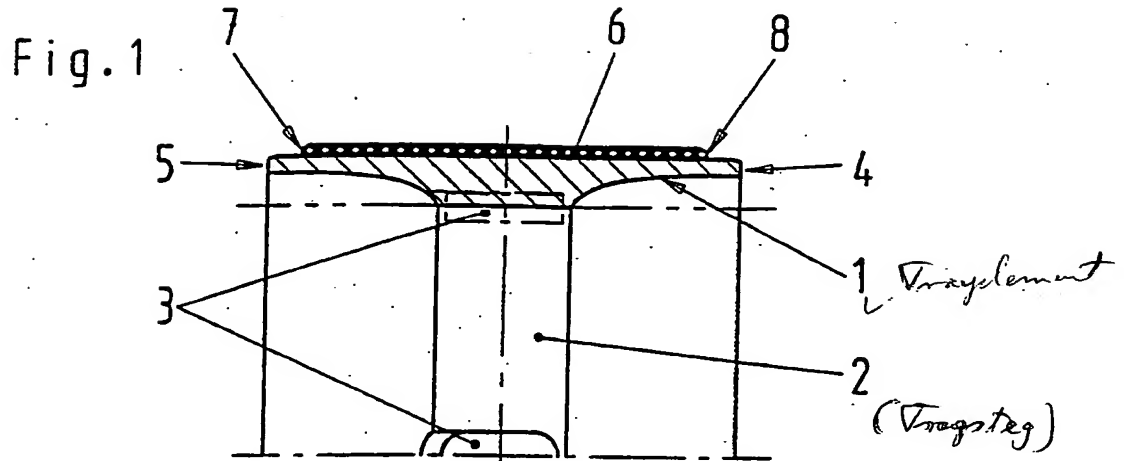


Fig.4

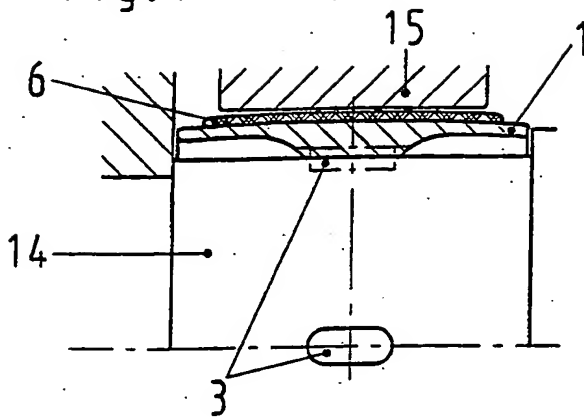


Fig.5

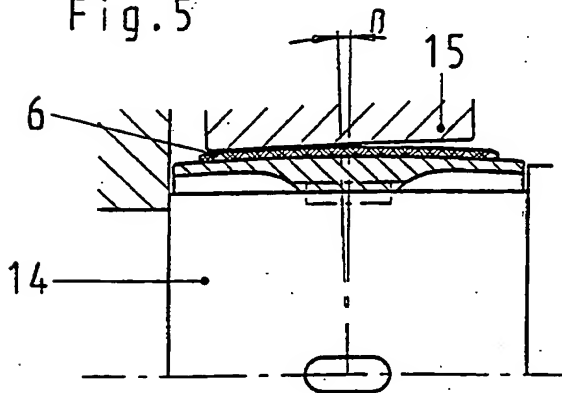


Fig.7

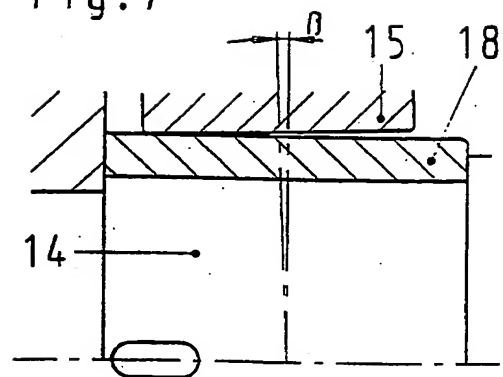


Fig.6

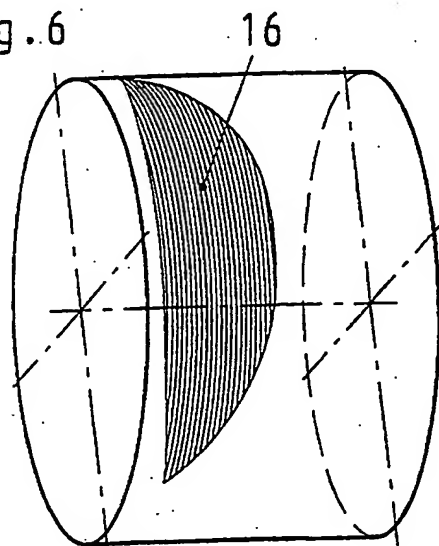
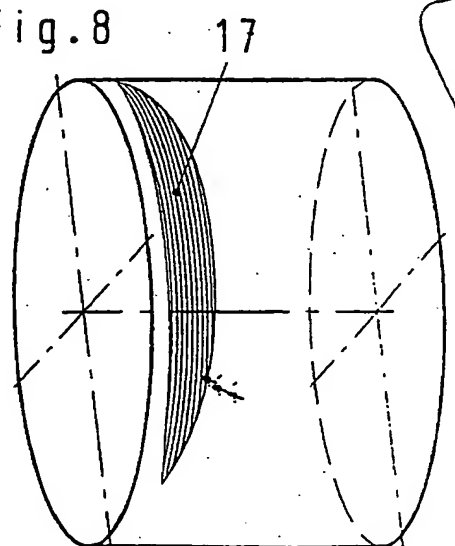


Fig.8



StdT